

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of:

Attorney Docket No.: 3081.62US01

Martin Edelmann et al.

Application No.: Unknown

Filed: *Of Even Date*

For: IMAGE DISPLAY DEVICE

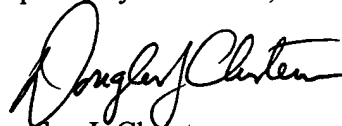
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Enclosed is a certified copy of German patent application number 103 11 306.1 to which the above-identified U.S. patent application corresponds.

Respectfully submitted,



Douglas J. Christensen
Registration No. 35,480

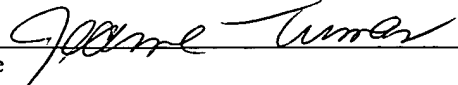
Customer No. 24113
Patterson, Thunte, Skaar & Christensen, P.A.
4800 IDS Center
80 South 8th Street
Minneapolis, Minnesota 55402-2100
Telephone: (612) 349-3001

Please grant any extension of time necessary for entry; charge any fee due to Deposit Account No. 16-0631.

CERTIFICATE OF EXPRESS MAIL

"Express Mail" mailing label number EV433103953US. Date of Deposit: March 12, 2004. I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Jeanne Truman
Name of Person Making Deposit

Signature 



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 11 306.1
Anmeldetag: 14. März 2003
Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss, 89518 Heidenheim/DE
Bezeichnung: Bildanzeigeeinrichtung
IPC: G 02 B 27/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Remus', written in a cursive style.

Remus

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)
European Patent and Trademark Attorneys
MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:
Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (0 89) 5 46 15 20 · Telefax: (0 89) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:
Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (0 36 41) 2 91 50 · Telefax: (0 36 41) 2 91 51 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Anmelder: Carl Zeiss
Anwaltsakte: Pat 3423/29

14. März 2003
L/23/kt

Zusammenfassung



5

Es wird eine Bildanzeigeeinrichtung mit einer Austrittspupille (4) aufweisenden Abbildungsoptik (3), die eine für einen Betrachter wahrnehmbare Abbildung eines Bildes erzeugt, und mit einer Pupillenoptik (5) bereitgestellt, die die Austrittspupille (4) der Abbildungsoptik (3) räumlich vervielfacht und/oder die Austrittspupille (4) bewegt.

10 (Fig.1)



Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys

MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:

Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:

Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 29 15 21 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Anmelder: Carl Zeiss
Anwaltsakte: Pat 3423/29

14. März 2003
L/23/kt

Patentansprüche

- 5 1. Bildanzeigeeinrichtung mit einer Austrittspupille (4) aufweisenden Abbildungsoptik (3), die eine für einen Betrachter wahrnehmbare Abbildung eines Bildes erzeugt, und mit einer Pupillenoptik (5), die die Austrittspupille (4) der Abbildungsoptik (3) räumlich vervielfacht und/oder die Austrittspupille (4) bewegt.
- 10 2. Bildanzeigeeinrichtung nach Anspruch 1, bei der die Pupillenoptik (5) der letzten strahlformenden Fläche der Abbildungsoptik (3) nachgeordnet ist.
- 15 3. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Pupillenoptik (5) die Austrittspupille (4) in einer quer zur optischen Achse (OA) der Abbildungsoptik (3) liegenden Ebene bewegt.
- 20 4. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Austrittspupille (4) so bewegt wird, daß sie einer Bewegung einer Pupille eines Auges des Betrachters nachgeführt wird.
- 25 5. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der eine Augenpositionserfassungseinheit (16) und eine Steuereinheit (2) vorgesehen sind, wobei die Augenpositionserfassungseinheit die Position eines Auges des Betrachters erfaßt und die erfaßte Position repräsentierende Signale ausgibt und die Steuereinheit (2) in Abhängigkeit der Signale die Pupillenoptik (5) ansteuert, um die Austrittspupille (4) der Bewegung der Augenpupille des Betrachters nachzuführen.
- 30 6. Bildanzeigeeinrichtung nach Anspruch 5, bei dem die Pupillenoptik (5) zumindest eine Aktuatoreinheit umfaßt, insbesondere einen Galvanometer-Ablenkspiegel.

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys

MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:

Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (0 89) 5 46 15 20 · Telefax: (0 89) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:

Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (0 36 41) 2 91 50 · Telefax: (0 36 41) 2 91 51 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Anmelder: Carl Zeiss
Anwaltsakte: Pat 3423/29

14. März 2003
L/23/kt

Bildanzeigeeinrichtung

Die Erfindung betrifft eine Bildanzeigeeinrichtung mit einer Austrittspupille aufweisenden
5 Abbildungsoptik, die eine für einen Betrachter wahrnehmbare Abbildung eines Bildes erzeugt.

Eine solche Bildanzeigeeinrichtung ist beispielsweise eine sogenannte HMD-Vorrichtung (Head
Mounted Display-Vorrichtung), bei der ein Betrachter die Bildanzeigeeinrichtung auf seinem
Kopf trägt. Beim Design einer HMD-Vorrichtung ist eine große Austrittspupille für eine
10 unempfindliche Justage und zur Berücksichtigung der Augenbewegung des Betrachters
wünschenswert, da dadurch in einem weiten lateralen Bereich stets zumindest ein Teil des
Lichts in das Auge des Betrachters fällt. Eine kleinere Austrittspupille führt zwar zu einer
deutlichen Vereinfachung des Optikdesigns, ist jedoch nachteilig, da die Justage aufwendiger
ist und da der Bewegungsbereich für das Auge des Betrachters, in dem er das Bild noch
15 wahrnehmen kann, kleiner ist.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Bildanzeigeeinrichtung
bereitzustellen, bei der der Aufbau der Abbildungsoptik vereinfacht sein und der Betrachter
möglichst unabhängig von der Position seiner Augen stets das Bild wahrnehmen kann.

20 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Bildanzeigeeinrichtung mit einer Austrittspupille aufweisenden Abbildungsoptik, die eine für einen Betrachter wahrnehmbare Abbildung eines Bildes erzeugt, und mit einer Pupillenoptik gelöst, wobei die Pupillenoptik die Austrittspupille der Abbildungsoptik räumlich vervielfacht und/oder die Austrittspupille bewegt.

25 Durch die räumliche Vervielfachung der Austrittspupille und/oder die Bewegung der Austrittspupille wird erreicht, daß der Betrachter stets das Bild wahrnehmen kann, obwohl die Austrittspupille eine geringe Größe aufweisen kann. Insbesondere kann die Austrittspupille nur geringfügig größer oder sogar kleiner als die Pupille des Auges des Betrachters sein. Die kleine
30 Austrittspupille der Abbildungsoptik führt zu dem Vorteil, daß das Optikdesign der Abbildungsoptik vereinfacht ist und daß ferner das Volumen und Gewicht der Abbildungsoptik

verringert werden kann. Ferner kann eine bessere Abbildungsqualität erreicht werden, wenn die Austrittspupille klein gewählt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung ist die Pupillenoptik der letzten strahlformenden Fläche der Abbildungsoptik nachgeordnet. Dadurch wird sichergestellt, daß die Abbildungsoptik klein ausgebildet sein kann. Erst ganz zum Schluß, also zwischen der Abbildungsoptik und dem Auge des Betrachters, wird die räumliche Vervielfachung und/oder die Bewegung der Austrittspupille erzeugt, so daß nur in diesem Bereich größere optische Elemente notwendig sind. Die Abbildungsoptik selbst kann hingegen für die kleine Austrittspupille optimiert werden, was zu dem geringeren Volumen und geringerem Gewicht der Abbildungsoptik führt.

Insbesondere kann die Pupillenoptik die Austrittspupille in einer quer zur optischen Achse der Abbildungsoptik liegenden Ebene bewegen oder vervielfachen. Dadurch kann ein größerer Bereich durch die Austrittspupille abgedeckt werden, wodurch die Augenbewegung des Betrachters kompensierbar ist.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung besteht darin, daß die Austrittspupille mittels der Pupillenoptik so bewegt wird, daß die Austrittspupille einer Bewegung einer Pupille eines Auges des Betrachters nachgeführt wird. Dadurch wird vorteilhaft erreicht, daß stets nahezu das gesamte Licht durch den Betrachter wahrnehmbar ist und somit kein Helligkeitsverlust eintritt, da die Austrittspupille durch die Nachführung immer auf der Augenpupille liegt.

Insbesondere kann die Bildanzeigeeinrichtung eine Augenpositionserfassungseinheit und eine Steuereinheit enthalten, wobei die Augenpositionserfassungseinheit (bevorzugt laufend) die Augenposition erfaßt und die erfaßte Position repräsentierende Signale ausgibt und die Steuereinheit in Abhängigkeit der Signale die Pupillenoptik so ansteuert, daß die Austrittspupille der Bewegung der Augenpupille des Betrachters nachgeführt wird. Damit wird ein Regelkreis bereitgestellt, mit dem die Nachführung sehr gut durchgeführt werden kann.

Die Pupillenoptik enthält bevorzugt zumindest eine Aktuatoreinheit, wie z.B. einen oder mehrere Galvanometer-Ablenkspiegel. Damit ist besonders gut und leicht die Nachführung realisierbar, wobei schon mit zwei Spiegeln eine sehr gute Nachführung möglich ist.

Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung die Pupillenoptik zur räumlichen Vervielfachung der Austrittspupille zumindest ein diffraktives Element enthalten, das bevorzugt als transmissives Element ausgebildet ist. Dies kann beispielsweise ein

Beugungsgitter, insbesondere ein Transmissionsgitter sein. Die unterschiedlichen Beugungsordnungen bilden dabei die räumlich vervielfachten Austrittspupillen. Wenn man zwei diffraktive Elemente (beispielsweise zwei Transmissionsgitter) hintereinanderschaltet, kann das erste Gitter zur Aufspaltung in die Beugungsordnungen eingesetzt werden, während das zweite

5 Gitter zur Parallelisierung der einzelnen Ordnungen dient. Dadurch wird vorteilhaft erreicht, daß die entsprechenden zu den einzelnen räumlich vervielfachten Austrittspupillen gehörenden optischen Strahlen zueinander parallel sind, so daß keine Doppelbilder wahrnehmbar sind. Dies wäre der Fall, wenn die einzelnen Strahlen nicht parallel versetzt, sondern zueinander verkippt wären. Des weiteren kann durch die Verwendung von zwei Gittern eine Konstanthaltung des

10 Beugungswirkungsgrades über den gesamten Spektralbereich erreicht werden.

Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung die Pupillenoptik zur räumlichen Vervielfachung der Austrittspupille zumindest ein doppelbrechendes Element aufweisen. Es können auch mehrere doppelbrechende Elemente hintereinander geschaltet

15 werden. Pro doppelbrechendes Element kann eine Verdoppelung der Anzahl der Austrittspupillen erreicht werden. Bei der Verwendung von doppelbrechenden Elementen ist es besonders vorteilhaft, daß diese leicht so ausgerichtet werden können, daß der ordentliche Strahl und der außerordentliche Strahl parallel zueinander versetzt sind.

Es ist weiterhin möglich, daß das diffraktive Element und/oder das doppelbrechende Element zur Bewegung der Austrittspupille gedreht werden, wobei diese Drehung bevorzugt um die optische Achse der Abbildungsoptik erfolgt. Damit wird ein größerer Bereich mit den räumlich vervielfachten Austrittspupillen überstrichen, so daß auch große Bewegungen des Auges des Betrachter nicht dazu führen, daß dieser kein Bild mehr sieht. Insbesondere ist es auch

25 möglich, die Größe der Austrittspupille der Abbildungsoptik kleiner als die Größe der Pupille des Auges des Betrachters zu wählen, da aufgrund der räumlichen Vervielfachung und der Bewegung ein größerer (Gesamt)Bereich abgedeckt werden kann.

Auch kann bei der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung die Pupillenoptik zur Bewegung der Austrittspupille ein rotierendes strahlversetzendes Element enthalten, wie beispielsweise eine oder mehrere schräggestellte planparallele Platte. Mit diesem optischen Element ist eine besonders einfache Verwirklichung der Bewegung der Austrittspupille möglich.

30

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung bewirkt die

35 Pupillenoptik eine räumliche Vervielfachung der Austrittspupille derart, daß die entsprechenden Strahlen der einzelnen Austrittspupillen zueinander parallel sind. Dies führt zu dem Vorteil, daß der Betrachter keine Doppelbilder sieht, wie dies im Falle einer Verkipfung der einzelnen Strahlen zueinander wäre.

Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung die Pupillenoptik eine räumliche Vervielfachung der Austrittspupille derart bewirken, daß die einzelnen Austrittspupillen einen zusammenhängenden Bereich überdecken. Dies ist besonders vorteilhaft um sicherzustellen, daß der Betrachter stets das Bild wahrnehmen kann.

Die Pupillenoptik kann insbesondere so ausgebildet sein, daß sich bei der räumlichen Vervielfachung und/oder der Bewegung der Austrittspupille eine gleichförmige Helligkeitsverteilung pro Fläche (über die Zeit gemittelt) ergibt. Es ist also z.B. bei einem Pupillenversatz mit dem vollen Durchmesser ein Anschluß der versetzten an die nicht versetzte Pupille gegeben. Die Verweilzeit kann dabei so gesteuert werden, daß sich für den Beobachter innerhalb der neuen vergrößerten Pupille homogene Helligkeitsverhältnisse ergeben.

Die Pupillenoptik kann beispielsweise einen oder mehrere Ablenkspiegel enthalten, die die Austrittspupille vervielfältigen und/oder bewegen, indem mit einem Scanraster die neue größere virtuelle Austrittspupille nachgebildet wird. Dies kann z.B. mit einem spiralförmigen Scan (bzw. Ablenkung) oder mit einem zellenförmigen oder zeilenförmigen Scan erfolgen.

Die Ablenkspiegel können einen Piezo-Antrieb aufweisen oder als Galvanometer-Spiegel und/oder als elektrostatisch auslenkbare Spiegel ausgebildet sein.

Die erfindungsgemäße Bildanzeigeeinrichtung ist besonders vorteilhaft in den Fällen, in denen sie mit dem Auge eines Betrachters zusammen zum subjektiven Gebrauch dient, wie dies beispielsweise bei HMD-Vorrichtungen, Mikroskopen, Ferngläsern und Teleskopen der Fall ist.

Insbesondere kann die Bildanzeigeeinrichtung als HMD-Vorrichtung, Mikroskop, Fernglas oder Teleskop ausgebildet sein. Wenn sie als HMD-Vorrichtung ausgebildet ist, enthält sie noch insbesondere ein (bevorzugt elektrisch) ansteuerbares Bilderzeugungsmodul. Das Bilderzeugungsmodul kann eine selbstleuchtende Anzeige, wie z.B. eine transmissive oder reflexive LCD-Anzeige oder eine LED-Anzeige, oder beispielsweise eine nicht-selbstleuchtende Anzeige sein. Insbesondere kann das Bilderzeugungsmodul als ein sogenanntes (räumliches) Lichtventil ausgebildet sein, wie z.B. eine Kippspiegelmatrix mit einer Vielzahl von in Zeilen und Spalten angeordneten und einzeln ansteuerbaren Kippspiegeln, wie sie von Texas Instruments hergestellt und geliefert wird.

Die HMD-Vorrichtung kann dabei so ausgebildet sein, daß der Betrachter nur noch das erzeugte und abgebildete Bild sieht oder daß er eine Überlagerung des erzeugten und abgebildeten Bildes mit der Umgebung wahrnimmt (sogenannte augmentierte Realität).

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen im Prinzip beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung;
- Fig. 2 schematisch die Lage der Austrittspupillen der Abbildungsoptik von Fig. 1 in der Pupillenebene;
- Fig. 3 schematisch die Lage der Austrittspupillen in der Pupillenebene in einer weiteren
- 10 Ausführungsform;
- Fig. 4 schematisch die Lage der Austrittspupillen gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung;
- Fig. 5 schematisch eine Ansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung;
- 15 Fig. 6 schematisch die Lage der Austrittspupille in der Pupillenebene der Bildanzeigeeinrichtung von Fig. 5, und
- Fig. 7 schematisch eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung.

- 20 Wie am besten aus Fig. 1 ersichtlich ist, umfaßt bei einer Ausführungsform die erfindungsgemäße Bildanzeigeeinrichtung ein Bilderzeugungsmodul 1 (z.B. ein transmissives oder reflexives LCD-Modul), das mittels einer Steuereinheit 2 zur Bilderzeugung ansteuerbar ist. Weiterhin ist eine Abbildungsoptik 3 (in Fig. 1 ist schematisch nur eine Linse eingezeichnet, die Abbildungsoptik 3 umfaßt jedoch in der Regel mehrere optische Elemente, die refraktiv,
- 25 reflexiv und/oder diffraktiv wirken können) vorgesehen, die eine Abbildung des mittels des Bilderzeugungsmoduls 1 erzeugten Bildes derart bewirkt, daß ein Betrachter (durch das schematisch eingezeichnete Auge A repräsentiert) das Bild im Unendlichen sieht. Anders gesagt, die von einem Bildpunkt ausgehenden Lichtstrahlen (in Fig. 1 für den Bildpunkt P eingezeichnet) treten als paralleles Strahlenbündel durch die Austrittspupille 4 der
- 30 Abbildungsoptik 3.

- Die Bildanzeigeeinrichtung umfaßt ferner eine Pupillenoptik 5, die in dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel mittels einem doppelbrechenden Element (z.B. aus Kalkspat oder Quarz) verwirklicht ist. Das doppelbrechende Element 5 ist zwischen dem Auge A des Betrachters und der
- 35 Abbildungsoptik 3 und ist daher der letzten strahlformenden Fläche F der Abbildungsoptik 3 nachgeordnet. Die Ausrichtung des doppelbrechenden Elements 5 ist so gewählt, daß jeweils die von einem Bildpunkt ausgehenden Lichtstrahlen 61, 62 in die ordentlichen Strahlen 61A,

62A und die dazu parallel versetzten außerordentlichen Strahlen 61B, 62B aufgeteilt werden, wie dies für den Bildpunkt P des abzubildenden Bildes in Fig. 1 schematisch eingezeichnet ist.

Der Parallelversatz bedingt nun, daß die Abbildungsoptik 3 neben ihrer ursprünglichen Austrittspupille 4 eine räumlich versetzte weitere Austrittspupille 8 aufweist. In Fig. 1 ist die räumlich versetzte Austrittspupille 8 nur zur besseren Darstellbarkeit neben der ursprünglichen Austrittspupille 4 eingezeichnet. Tatsächlich liegen beide Austrittspupillen 4 und 8 in der gleichen Ebene E, die senkrecht zur optischen Achse OA der Abbildungsoptik 3 ist.

In Fig. 2 ist die Lage der beiden Austrittspupillen 4 und 8 in der Ebene E dargestellt. Wie sich aus dieser Darstellung ergibt, ist die für den Betrachter wahrnehmbare Austrittspupille größer als die einzelnen Austrittspupillen 4 und 8, so daß in vorteilhafter Weise die Abbildungsoptik 3 für die kleine Austrittspupille 4 ausgelegt werden kann, wodurch das Optikdesign vereinfacht ist und das Gewicht und Volumen der Abbildungsoptik 3 verringert werden kann. Für den Betrachter weist jedoch die Bildanzeigeeinrichtung eine größere Austrittspupille auf, nämlich die Kombination der beiden Austrittspupillen 4 und 8.

Eine weitere Vergrößerung der durch den Betrachter wahrnehmbaren Austrittspupille kann dadurch erreicht werden, daß das doppelbrechende Element 5 um die optische Achse OA der Abbildungsoptik 3 rotiert wird. Dies führt dazu, wie in Fig. 3 durch den Pfeil B angedeutet ist, daß die zweite Austrittspupille 8 in der Ebene eine kreisförmige Bewegung durchführt und dabei die erste Austrittspupille 4 teilweise umkreist. Wenn die Rotation des doppelbrechenden Elementes 5 schnell genug durchgeführt wird, daß der Betrachter die dadurch bedingte Bewegung der Austrittspupille 8 nicht mehr wahrnehmen kann, wird eine deutlich größere scheinbare Austrittspupille 9 erzeugt.

Zur Durchführung der Rotation des doppelbrechenden Elementes 5 kann dieses beispielsweise in einer drehbaren Fassung (nicht gezeigt) gehalten sein, wobei die Fassung zur Rotation des doppelbrechenden Elementes 5 in Drehung versetzt wird. Dies kann unter Steuerung der Steuereinheit 2 durchgeführt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Ausführungsform von Fig. 1, kann ein weiteres doppelbrechendes Element (nicht gezeigt) dem doppelbrechenden Element 5 so nachgeschaltet werden, daß die Abbildungsoptik 3 insgesamt vier Austrittspupillen 4, 8, 10, 11 aufweist, wie in Fig. 4 dargestellt ist.

In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsform der Bildanzeigeeinrichtung dargestellt, wobei sich die Ausführungsform von Fig. 5 von der von Fig. 1 nur darin unterscheidet, daß statt des

doppelbrechenden Elementes 5 eine um die optische Achse OA drehbare und schräg zu dieser ausgerichtete planparallele Platte 12 vorgesehen ist. Die planparallele Platte 12, die unter einem Winkel von ungleich 90° zur optischen Achse OA schräggestellt ist, bewirkt einen Strahlversatz, wie schematisch in Fig. 5 eingezeichnet ist. Die Drehung der planparallelen

5 Platte 12 führt zu einer kreisförmigen Bewegung der Austrittspupille 4 in der Pupillenebene E (durch Pfeil C in Fig. 6 angedeutet). Wenn die Drehung der planparallelen Platte 12 schnell genug durchgeführt wird, nimmt der Betrachter die Bewegung der Austrittspupille 4 nicht mehr wahr. Dem Betrachter wird dann eine virtuell größere Austrittspupille 13 vorgetäuscht.

- 10 In Fig. 7 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bildanzeigeeinrichtung gezeigt, die in gleicher Weise wie bei der Ausführungsform von Fig. 1 ein Bilderzeugungsmodul 1, das zur Erzeugung von Bildern mittels einer Steuereinheit 2 angesteuert wird, eine Abbildungsoptik 3 sowie eine Pupillenoptik 5 umfaßt. Im Unterschied zu den bisherigen Ausführungsformen enthält die Pupillenoptik 5 zwei Galvanometer-Ablenkspiegel 14, 15, deren
- 15 Spiegelflächen zueinander parallel stehen und deren Drehstellung mittels der Steuereinheit 2 eingestellt wird.

- Ferner enthält die Bildanzeigeeinrichtung eine Sensoreinheit 16, die die Lage der Pupille des Auges A des Betrachters laufend erfaßt. Eine solche Sensoreinheit 16 kann beispielsweise wie
- 20 ein sogenannter Eye-Tracker bei einer HMD-Vorrichtung ausgebildet sein.

- Die Sensoreinheit 16 erfaßt laufend die Position der Augenpupille des Auges A des Betrachters und gibt entsprechende Signale an die Steuereinheit 2, die in Abhängigkeit der von der Sensoreinheit 16 empfangenen Signale die Galvanometer-Ablenkspiegel 14 und 15 so
- 25 ansteuert, daß die Austrittspupille 4 der Abbildungsoptik 3 der Augenpupille des Auges A des Beobachters nachgeführt wird. Die Austrittspupille 4 der Abbildungsoptik 3 wandert somit mit der Augenpupille mit. Die Bildanzeigeeinrichtung enthält somit einen Regelkreis, welcher die Austrittspupille 4 der Abbildungsoptik 3 stets der Pupillenlage des Auges A nachführt. Da die Pupillenoptik 5 der letzten strahlformenden Fläche F der Abbildungsoptik 3 nachgeordnet ist,
- 30 wird mittels der Pupillenoptik 5 zwar die Pupillenlage der Austrittspupille 4 beeinflußt, nicht jedoch die Lage des abzubildenden Bildes des Bilderzeugungsmoduls 1.

- Ein besonderer Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß fast kein Helligkeitsverlust eintritt, da die Austrittspupille 4 der Abbildungsoptik 3 nur geringfügig größer als die Pupille des
- 35 Auges A gewählt werden muß und daher fast das gesamte Licht des abgebildeten Bildes vom Betrachter wahrgenommen wird.

Bei den beschriebenen Ausführungsformen liegt bzw. liegen die Austrittspupille(n) 4, 8, 10 und 11 der Abbildungsoptik 3 bevorzugt in oder nahe an der Augenpupille des Auges A des Betrachters, wenn dieser die Bildanzeigeeinrichtung bestimmungsgemäß nutzt.



7. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Pupillenoptik (5) zur räumlichen Vervielfachung der Austrittspupille (4) zumindest ein diffraktives Element enthält, das bevorzugt als transmissives Element ausgebildet ist.

5 8. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Pupillenoptik (5) zur räumlichen Vervielfachung der Austrittspupille (4) zumindest ein doppelbrechendes Element aufweist.

9. Bildanzeigeeinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, bei dem das Element zur Bewegung der Austrittspupille (4) bewegt wird, bevorzugt um die optisch Achse (OA) der Abbildungsoptik (3) gedreht wird.

10 10. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Pupillenoptik (5) zur Bewegung der Austrittspupille (4) ein rotierendes strahlversetzendes Element (12) enthält.

11. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Pupillenoptik (5) eine räumliche Vervielfachung der Austrittspupille (4) derart bewirkt, daß die entsprechenden Strahlen der einzelnen Austrittspupillen zueinander parallel sind.

20 12. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Pupillenoptik (5) eine räumliche Vervielfachung der Austrittspupille (4) derart bewirkt, daß die einzelnen Austrittspupillen einen zusammenhängenden Bereich überdecken.

25 13. Bildanzeigeeinrichtung nach einem der obigen Ansprüche, die als HMD-Vorrichtung ausgebildet ist und ein ansteuerbares Bilderzeugungsmodul aufweist.

1/2

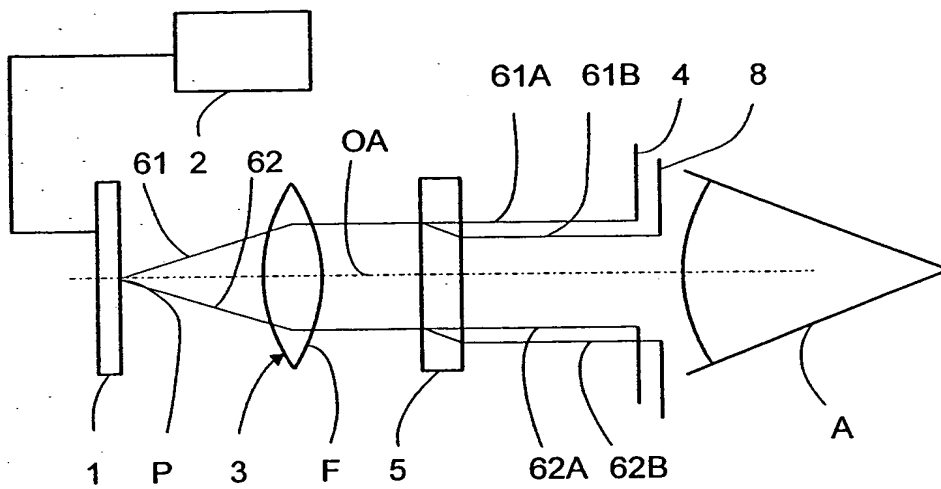


Fig. 1

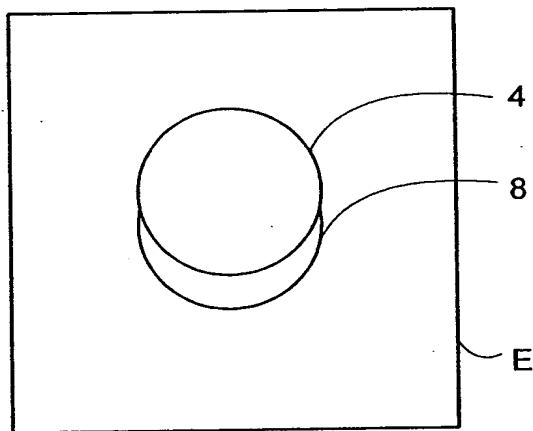


Fig. 2

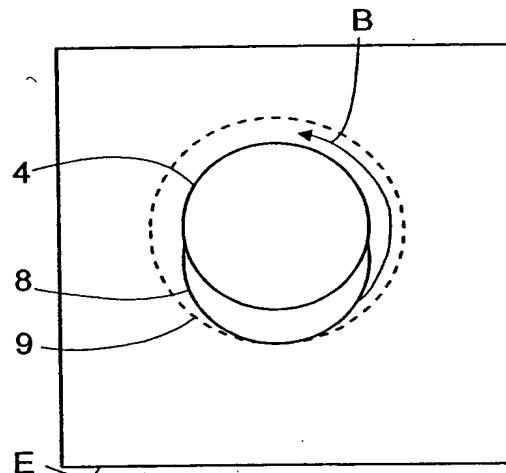


Fig. 3

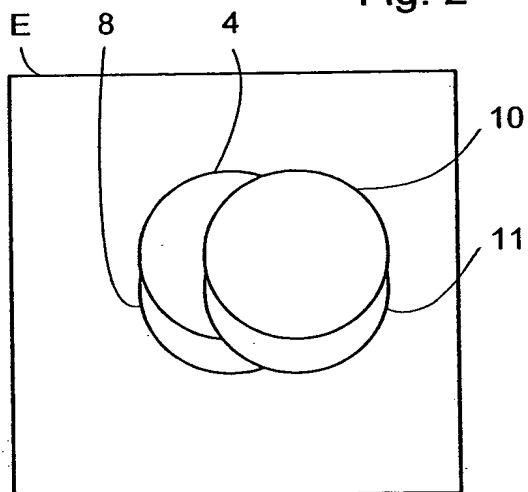


Fig. 4

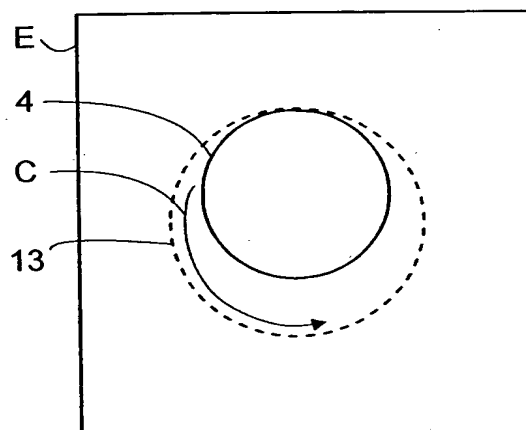


Fig. 6

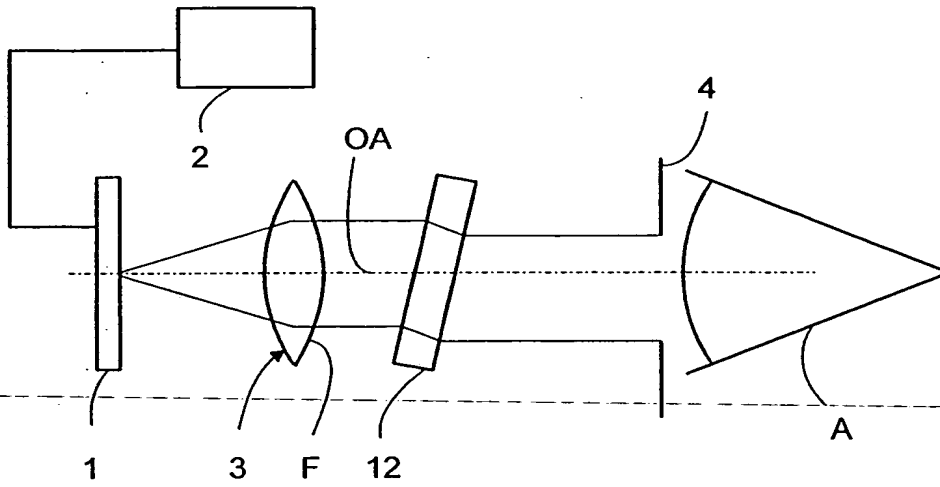


Fig. 5

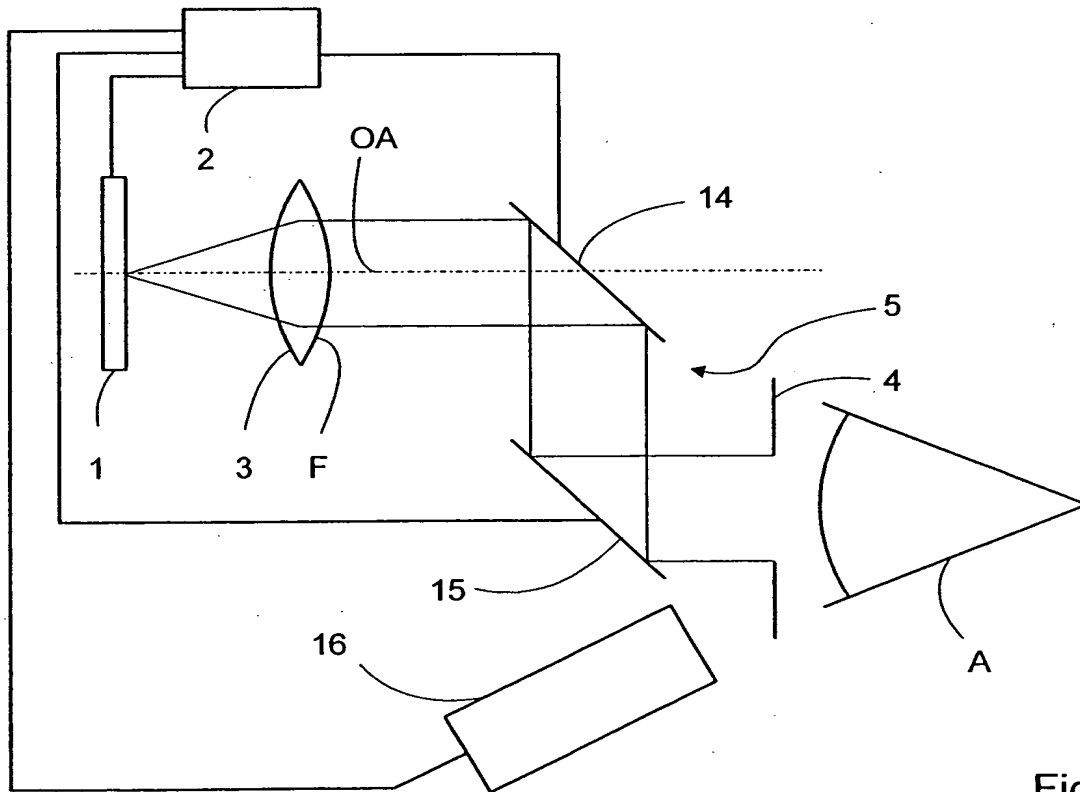


Fig. 7